

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004 年 10 月 28 日 (28.10.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/093298 A1

(51) 国際特許分類: H02K 21/16, 1/27, 1/28, 1/12

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/004643

(22) 国際出願日: 2003 年 4 月 11 日 (11.04.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 宮崎 高志

(MIYAZAKI, Takashi) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 菊池 友弘 (KIKUCHI, Tomohiro) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 米谷 晴之 (KOMETANI, Haruyuki) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 山口 信一 (YAMAGUCHI, Shinichi) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

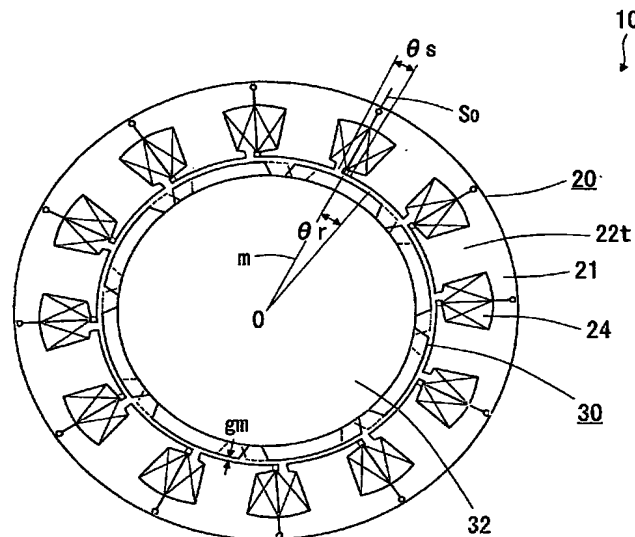
(74) 代理人: 宮田 金雄, 外 (MIYATA, Kaneo et al.); 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, DE, JP, KR, US.

[続葉有]

(54) Title: PERMANENT MAGNET TYPE MOTOR

(54) 発明の名称: 永久磁石式電動機



(57) Abstract: A permanent magnet type motor (10) comprising a rotor (30) having permanent magnets arranged in two stages in the axial direction on the outer circumference of a rotor core while being shifted by an electrical stage skew angle  $\theta_r$  in the circumferential direction of the stator core between two stages in order to reduce the first frequency component of cogging torque, a tubular stator core (21) provided with a stator winding generating a rotational magnetic field for rotating the rotor (30), and a stator (20) where the stator core (21) is divided into a plurality of sections in the axial direction and arranged while being shifted by an electrical stage skew angle  $\theta_s$  in the circumferential of the stator core (21) in order to reduce the second frequency component of cogging torque.

(57) 要約: 永久磁石式電動機 10 は、回転子鉄心の外周面に、軸方向に 2 段の永久磁石を設け、永久磁石を 2 段間で回転子鉄心の周方向にコギングトルクの第 1 の周波数成分を減少させるために電気角で段スキュー角

[続葉有]



添付公開書類:  
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

---

$\theta_r$ ずらして配置した軸を有する回転子30と、回転子30を回転させる回転磁界を発生する固定子巻線を設けた円筒形状の固定子鉄心21と、固定子鉄心21を軸方向に複数に分割すると共に、固定子鉄心21の周方向にコギングトルクの第2の周波数成分を減少するために電気角で段スキュー角 $\theta_s$ ずらして配置した固定子20とを備えたものである。

## 明 細 書

## 永久磁石式電動機

## 5 技術分野

本発明は、コギングトルクの低減を図る永久磁石式電動機の改良に関するものである。

## 背景技術

永久磁石式電動機には、コギングトルクと称される回転変動が発生する。コギングトルクは、振動や騒音を発生し、電動機の制御性能を低下させる要因となる。このため、コギングトルクを減少させるために特開平4-21330号公報が開示されている。かかる公報によれば、コギングトルクの二つの周波数成分を除去するために、永久磁石を回転子鉄心の軸方向に4段配列して、回転鉄心の円周方向にずらすことによって、スキューの効果をもたらす工夫がされており、複数の永久磁石が回転子の軸方向の位置によって周方向の位置がずれるように、すなわち、スキュー角の角度(以下、段スキュー角という)で回転子鉄心の表面にならぶようにしている。

段スキュー角の理論的に求められる角度(以下、理論角 $\theta_t$ という)を用いており、コギングトルクの基本波成分に対する理論角 $\theta_{t1}$ は、下式となる。

$$\theta_{t1} = (360^\circ / \text{固定子磁極数と回転子磁極数の最小公倍数}) / 2 \cdots (3)$$

さらに、コギングトルクの第2次高調波成分に対する理論角 $\theta_{t2}$ は、 $\theta_{t1}$ の半分となるのである。

しかしながら、段スキュー角に理論角を実際の永久磁石式電動機に適用すると、コギングトルクの低減はまだ不十分であると考えられる。そ

の理由は、段スキューを採用したことによって軸方向漏洩磁束が発生するが、該漏洩磁束による磁気飽和の影響が考慮されないからである。コギングトルクの原因となる漏洩磁束は、永久磁石の段部、回転子鉄心内部での漏洩磁束等もあるが、固定子鉄心内部における漏洩磁束がコギングトルクの主たる原因となっている。このため、回転子のスキュー角度に理論角を採用しているために、コギングトルクを十分に低減できてないという問題点があった。

また、コギングトルクの二つの周波数成分を除去するために回転子の構成が複雑であった。

## 10 発明の開示

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、コギングトルクの二つの周波数成分を除去すると共に、回転子の構成が簡易な永久磁石式電動機を提供することを目的とする。

また、段スキュー角度に理論角を採用するよりもコギングトルクを低減できる永久磁石式電動機を提供することを目的とする

本発明に係る永久磁石式電動機は、回転子鉄心の外周面に、軸方向に2段の永久磁石を設け、前記永久磁石を2段間で前記回転子鉄心の周方向にコギングトルクの第1の周波数成分を減少させるために電気角で第1の段スキュー角 $\theta_r$ ずらして配置した軸を有する回転子と、該回転子を回転させる回転磁界を発生する固定子巻線を設けた円筒形状の固定子鉄心と、該固定子鉄心を軸方向に複数に分割すると共に、前記固定子鉄心の周方向に前記コギングトルクの第2の周波数成分を減少するために電気角で第2の段スキュー角 $\theta_s$ ずらして配置した固定子と、を備えたことを特徴とするものである。

かかる永久磁石式電動機によれば、回転子、固定子にそれぞれ第1、第2の段スキュー設けたので、コギングトルクの二つの周波数成分を減

少させると共に、回転子の構造が簡易であるという効果がある。

他の発明に係る永久磁石式電動機は、固定子鉄心の軸方向の長さを  $L_c(m)$  とし、第 1 の段スキューの理論角度を電気角度  $\theta_t(^{\circ})$  とすると、下式の関係を満たす、

$$5 \quad \theta_t = (360^{\circ} / \text{固定子磁極数と回転子磁極数の最小公倍数}) / 2$$

$$\theta_t < \theta_r < (700 \times 10^{-3} / L_c + \theta_t)$$

ことを特徴とするものである。

かかる永久磁石式電動機によれば、コギングトルクの二つの周波数成分を、段スキュー角度に理論角を採用するよりもコギングトルクを低減  
10 できると共に、回転子の構成が簡易になるという効果がある。

他の発明に係る永久磁石式電動機における固定子は、固定子鉄心を軸方向に順に第 1、第 2、第 3 の固定子ブロックに分割し、第 1 の固定子ブロックと前記第 2 の固定子ブロックとの間及び、前記第 2 の固定子ブロックと前記第 3 の固定子ブロックとの間に第 2 の段スキュー角  $\theta_s$   
15 を設けた、ことを特徴とするものである。

かかる永久磁石式電動機によれば、固定子の構成を簡易にできるという効果がある。

他の発明に係る永久磁石式電動機は、前記第 1 の固定子ブロックと第 2 の固定子ブロックとの間及び、第 2 の固定子ブロックと第 3 の固定子ブロックとの間において、隙間  $L_{cg}$  を設け、前記  $L_{cg}$  を前記固定子と前記回転子との空隙  $g_m$  とすると、 $0 < L_{cg} < 2 \cdot 2 g_m$  としたことを特徴とするものである。

かかる永久磁石式電動機によれば、隙間  $L_{cg}$  によって、固定子磁極フェイス先端部分での軸方向の漏洩磁束を低減することにより、誘起電圧  
25 定数比が低下しないという効果がある。

図面の簡単な説明

第 1 図は、本発明の一実施例による永久磁石式電動機の横断面図である。

第 2 図は、第 1 図による永久磁石式電動機の回転子の斜視図である。

第 3 図は、第 1 図による永久磁石式電動機の回転子の平面図である。

5 第 4 図は、第 1 図による永久磁石式電動機の固定子の斜視図である。

第 5 図は、第 4 図に示す上段固定子ブロック、中段固定子ブロック、下段固定子ブロックの一部平面図である。

第 6 図は、第 1 図に示す永久磁石式電動機の固定子鉄心、回転子鉄心の磁気特性を示す曲線図ある。

10 第 7 図は、第 1 図による永久磁石式電動機について三次元磁界解析を行なった結果得られたコギングトルクの基本波成分と回転子スキュー角との特性曲線図である。

第 8 図は、第 1 図による永久磁石式電動機について三次元磁界解析を行なった結果得られたコギングトルクの第 2 次高調波成分と回転子スキュー角との特性曲線図である。

15 第 9 図は、第 1 図による永久磁石式回転電機の固定子の軸方向長さを種々変えた場合の回転子スキュー角度とコギングトルク比との関係を示す特性曲線図である。

第 10 図は、本発明の他の実施例による永久磁石式電動機の  $L_{cg}/g_m$  と誘起電圧定数比との関係を示す特性曲線図である。

第 11 図は、本発明の他の実施例による永久磁石式電動機の横断面図である。

第 12 図は、本発明の他の実施例による永久磁石式電動機の横断面図である。

25 発明を実施するための最良の形態

実施例 1.

本発明の一実施例を第 1 図乃至第 5 図によって説明する。第 1 図は本発明の一実施例による永久磁石式電動機の横断面図、第 2 図は第 1 図による永久磁石式電動機の回転子の斜視図、第 3 図は第 1 図による永久磁石式電動機の回転子の平面図、第 4 図は第 1 図による永久磁石式電動機の固定子の斜視図、第 5 図は第 4 図に示す上段固定子ブロック、中段固定子ブロック、下段固定子ブロックの平面図である。

第 1 図乃至第 5 図において、永久磁石型電動機 10 は、固定子磁極ティース 22t を薄肉連結部に連結して打ち抜かれた電磁鋼板から成ると共に、円筒形状をなす固定子鉄心 21 と、固定子鉄心 21 の内周に複数の固定子巻線 24 が巻回されて 12 個の磁極が形成された固定子 20 と、固定子 20 と空隙  $g_m$  (mm) を形成すると共に、固定子 20 の中心を回転軸心として回転できるように回転子鉄心 32 を有する磁極数 8 の回転子 30 とから成り、固定子巻線 24 を通電して回転磁界により回転子 30 が回転軸心回りに回転するように形成されている。

第 2 図及び第 3 図において、回転子 30 は磁極数が 8、電磁鋼板から成る二段に形成されると共に、円柱状の二つの回転子鉄心 32, 34 と、回転子鉄心 32, 34 の外周面に N 極と S 極が交互に並ぶように配置されて貼り付けられた円弧状の上段永久磁石 32m、下段永久磁石 34m とを備え、コギングトルクの基本波成分を除去するために、上段永久磁石 32m の中心を通過する線 m と回転鉄心の中心 O とを結ぶ線 O-m に対して下段永久磁石 34m が電気角で角度  $\theta_r$  だけ円周方向にずらすことにより第 1 の段スキュー角として回転子スキュー角  $\theta_r$  (電気角) を形成している。

第 4 図において、固定子 21 は、軸方向に第 1 の固定子ブロックとしての上段固定子ブロック 22、第 2 の固定子ブロックとしての中段固定子ブロック 24、第 3 の固定子ブロックとしての下段固定子ブロック 2

6 の三つから成ると共に、軸方向の長さが  $L_c$  に形成されており、上段固定子ブロック 22 と中段固定子ブロック 24 との間、中段固定子ブロック 24 と下段固定子ブロック 26 との間にそれぞれ挿入された軸方向に長さ  $L_{cg}$  の二つの充填固定子ブロック 22 i とを備え、中段固定子ブロック 24 と下段固定子ブロック 26 とがコギングトルクの第 2 次高調波分を除去する理論角に相当する第 2 の段スキュー角としての固定子スキュー角  $\theta_s$  (電気角) として  $15^\circ$  だけ円周方向にずれるように配置されている。

そして、上段固定子ブロック 22、中段固定子ブロック 24、下段固定子ブロック 26 は、軸方向にそれぞれ長さ  $(L_c/4 - L_{cg}/2)$ 、 $(L_c/2 - L_{cg})$ 、 $(L_c/4 - L_{cg}/2)$  に形成されている。

第 5 図において、固定子スキュー角  $\theta_s$  ずらすには、上段固定子ブロック 22、下段固定子ブロック 26 をスロット中心線  $S_0$  から反時計方向に角度  $\theta_s/2$  だけずらし、充填固定子ブロック 22 i をスロット中心線  $S_0$  と一致させ、中段固定子ブロック 24 をスロット中心線  $S_0$  から時計方向に角度  $\theta_s/2$  だけずらすことにより形成されている。

固定子 20 は、充填固定子ブロック 22 i を挿入することにより上段固定子ブロック 22 と中段固定子ブロック 24 との端部において固定子の軸方向に隙間  $L_{cg}(m)$  を設けている。同様に、中段固定子ブロック 24 と下段固定子ブロック 26 との端部において固定子 20 の軸方向に隙間  $L_{cg}(m)$  を設けており、空隙  $g_m$  と隙間  $L_{cg}$  とが  $0 < L_{cg} < 2 \cdot g_m$  の関係を有している。

次に、スキュー角度が理論値よりもずれる理由を第 6 図から第 9 図によって説明する。第 6 図は、解析に使用した固定子鉄心 20、回転子鉄心の BH 特性曲線図である。第 6 図において、縦軸の磁束密度比は、磁気特性 A の材料の飽和磁束密度を基準値として、該基準値との比を示し、



横軸に磁化力を示している。磁気特性Aは加工の影響がない場合を示しており、磁気特性Bは、磁化力 $H=1000\text{ A/m}$ 近辺における磁束密度比が磁気特性Aと比較して20%程度低下した特性で、実際に使用される永久磁石電動機10に相当している。これは、永久磁石式電動機10の

5 固定子20、回転子30を加工する過程で特性が劣化するからである。

磁気特性がA、Bの場合についてコギングトルクと回転子スキュー角 $\theta_r$ 、固定子スキュー角 $\theta_s$ との関係を第7図及び第8図によって説明する。第7図は、永久磁石式電動機10についてコギングトルクの基本波成分の三次元磁界解析結果を示す特性曲線、第8図は同様にコギングトルクの第2次高調波成分の三次元磁界解析結果を示す特性曲線である。

10

第7図及び第8図において、固定子鉄心20の磁気特性A、Bについて縦軸は段スキューなしの場合のコギングトルクを1とした場合に段スキューを有する回転子30又は固定子20のコギングトルクがどの位低下したかを示し、横軸にスキュー角(電気角) $\theta_r$ 、 $\theta_s$ を示している。

15 第7図において、コギングトルク基本波成分については、固定子鉄心の磁気特性Aから磁気特性Bに劣化するに伴い、コギングトルク比が最小となる回転子スキュー角 $\theta_r$ が大きくなっている。これは、段スキューを採用したことにより固定子鉄心21の内部に軸方向漏洩磁束が発生するためである。

20 回転子スキュー角 $\theta_r$ は、固定子鉄心の磁気特性が劣化するに伴いコギングトルクが最小となる理論角 $30^\circ$ よりも大きくなっている。磁気特性Bにおいては、回転子スキュー角 $\theta_r$ を理論角 $30^\circ$ とした場合、点f cにおけるコギングトルク比が約0.18になるのに対して、理論角 $30^\circ$ を越え、点f cにおけるコギングトルク比0.18以下となる

25 回転子スキュー角 $\theta_r$ の最大値となる点f c'における段スキュー角 $\theta_r$ (約 $37^\circ$ )-以下とすることによってコギングトルクの基本波成分を理

論角  $30^\circ$  とした場合よりも低くすることができる。

第 8 図において、コギングトルク第 2 次高調波成分に関しては、固定子スキュー角  $\theta_s$  が理論角  $\theta_t$  の場合、電気角  $15^\circ$ 、 $45^\circ$  の時に、コギングトルク比が最小となる。これは、コギングトルクの第 2 次高調波成分は、軸方向漏洩磁束、すなわち、磁気飽和の影響を受けにくいからである。

第 9 図は、固定子鉄心の軸方向長さ  $L_c$  を変化させた場合、コギングトルクの基本波成分の三次元解析結果を示すもので、回転子スキュー角度  $\theta_r=0$ 、すなわち、スキューを形成しない回転子  $30$  におけるコギングトルクを基準としたものである。コギングトルクが極小となる回転子スキュー角度  $\theta_r$  が理論角度と異なるのは、段スキューの部分で、固定子  $20$  の加工劣化に伴い、固定子鉄心  $21k$  内部に軸方向漏洩磁束が発生するためである。軸方向漏洩磁束に基づくコギングトルクは、軸方向漏洩磁束が段スキュー部分の近傍にて発生するので、固定子鉄心  $21$  の軸方向長さ  $L_c$  によらずほぼ一定となる。したがって、固定子鉄心  $21$  の軸方向長さ  $L_c$  が小さい場合、軸方向漏洩磁束の影響が相対的に大きくなるので、回転子スキュー角  $\theta_r$  を理論角  $\theta_t$  よりも大きくしなければならない。これに対して固定子鉄心  $21$  の軸方向長さ  $L_c$  が大きい場合、軸方向漏洩磁束の影響が相対的に小さくなるので、回転子スキュー角  $\theta_r$  は理論角度  $\theta_s$  に近づくことになる。

第 9 図 (a) において、固定子  $20$  の軸方向長さ  $L_c = 40 \times 10^{-3}$  (m) の場合、回転子スキュー角  $\theta_r$  は点  $f_c$  の理論角  $\theta_t = 30^\circ$  よりも大きく、コギングトルクの極小値が  $40.1^\circ$  となり、コギングトルクが理論角  $\theta_r = 30^\circ$  と同等となる点  $f_{c'}$  の回転子スキュー角  $\theta_r$  が  $47.5^\circ$  となる。すなわち、回転子スキュー角  $\theta_r$  は、理論角  $\theta_t$  が  $30^\circ$  よりも大きく、 $47.5^\circ$  よりも小さくすることにより回転子スキューを理論角  $\theta_t$

に設定した場合に比較してコギングトルクを小さくできる。

第9図(b)において、固定子20の軸方向長さ $L_c = 80 \times 10^{-3}$  (m)の場合、回転子スキュー角 $\theta_r$ は点f cの理論角 $\theta_t = 30^\circ$ よりも大きく、コギングトルクの極小値が $33.8^\circ$ となり、コギングトルクが理論角 $\theta_r = 30^\circ$ と同等となる点f c'の回転子スキュー角 $\theta_r$ が $38.8^\circ$ となる。すなわち、回転子スキュー角 $\theta_r$ は、理論角 $\theta_t$ が $30^\circ$ よりも大きく、 $38.8^\circ$ よりも小さくすることにより回転子スキューを理論角 $\theta_t$ に設定した場合に比較してコギングトルクを小さくできる。

第9図(c)において、固定子20の軸方向長さ $L_c = 100 \times 10^{-3}$  (m)の場合、回転子スキュー角 $\theta_r$ は点f cの理論角 $\theta_t = 30^\circ$ よりも大きく、コギングトルクの極小値が $33^\circ$ となり、コギングトルクが理論角 $\theta_r = 30^\circ$ と同等となる点f c'の回転子スキュー角 $\theta_r$ が $37.0^\circ$ となる。すなわち、回転子スキュー角 $\theta_r$ は、理論角 $\theta_t$ が $30^\circ$ よりも大きく、 $37.0^\circ$ よりも小さくすることにより回転子スキューを理論角 $\theta_t$ に設定した場合に比較してコギングトルクを小さくできる。

第9図(d)において、固定子20の軸方向長さ $L_c = 120 \times 10^{-3}$  (m)の場合、回転子スキュー角 $\theta_r$ は点f cの理論角 $\theta_t = 30^\circ$ よりも大きく、コギングトルクの極小値が $32^\circ$ となり、コギングトルクが理論角 $\theta_t = 30^\circ$ と同等となる点f c'の回転子スキュー角 $\theta_r$ が $35.8^\circ$ となる。すなわち、回転子スキュー角 $\theta_r$ は、理論角 $\theta_t$ が $30^\circ$ よりも大きく、 $35.8^\circ$ よりも小さくすることにより回転子スキューを理論角 $\theta_t$ に設定した場合に比較してコギングトルクを小さくできる。

以上よりコギングトルクが理論角 $\theta_t = 30^\circ$ と同等となる回転子スキュー角の最大値 $\theta_{r \max}$ は、上記の記載により解析結果に基く実験式より下式となる。

$$\theta_{r \max} = 700 \times 10^3 / L_c + \theta_t \quad \dots (4)$$

したがって、回転子スキュー角  $\theta_r$  の設定を理論角  $\theta_t=30^\circ$  と同等以下にコギングトルクを低減するには、 $\theta_t < \theta_r < (700 \times 10^{-3} / L_{cg} + \theta_t)$  の範囲とすればよい。

永久磁石式回転電機 10 において、固定子磁極ティース先端部分の隙間  $L_{cg}$  と回転子ギャップ  $g_m$  との比  $L_{cg}/g_m$  がゼロの場合の誘起電圧定数比を基準として比  $L_{cg}/g_m$  と誘起電圧定数比との関係を、三次元解析結果を示す特性曲線である。

第 10 図において、誘起電圧定数比は、比  $L_{cg}/g_m$  が大きくなるにつれ増大して極大値となった後、さらに比  $L_{cg}/g_m$  が大きくなるに伴い減少する。これより、比  $L_{cg}/g_m$  がゼロと同等な誘起電圧定数比を得るには、比  $L_{cg}/g_m$  を 2.2 よりも小さくする必要がある。

これより、誘起電圧定数を向上させる固定子磁極ティース先端部分の隙間  $L_{cg}$  の範囲は、 $0 < L_{cg} < 2.2 g_m$  の範囲である。

実施例 2.

15 本発明の他の実施例を第 11 図によって説明する。第 11 図は他の実施例による固定子の斜視図である。

上記実施例 1 では、二分割された回転子鉄心 32, 34 に回転子スキュー角  $\theta_r$  を設けてコギングトルクの基本波成分を低減し、三分割された固定子鉄心 22, 24, 26 とによって固定子スキュー角  $\theta_s$  を設けてコギングトルクの第 2 次高調波成分を低減するようにした。

本実施例では、回転子 30 は実施例 1 のままで、固定子 120 を固定子鉄心 122, 124, 126, 128 によって四分割して固定子スキュー角  $\theta_s$  を設けてコギングトルクの第 2 次高調波成分を低減するものである。

25 固定子鉄心 122 と固定子鉄心 126 の固定子磁極ティース先端部分、固定子鉄心 124 と固定子鉄心 128 との固定子磁極ティース先端部分

の段スキュー角度はゼロで、固定子鉄心122と固定子鉄心124との間、固定子鉄心126と固定子鉄心128との間で固定子スキュー角度 $\theta_s$ が形成されている。

実施例3.

- 5 本発明の他の実施例を第12図によって説明する。第12図は他の実施例による永久磁石式電動機の横断面図である。

上記実施例1, 2では、永久磁石式電動機200は、外側に固定子20が配置され、固定子20の内側に回転子30が配置された。

- 10 本実施例による永久磁石式電動機200は、外側に回転子230が配置され、回転子230の内側に固定子220を配置したものである。

- 15 なお、上記実施例1乃至3は、回転子30, 230にコギングトルクの基本波成分を除去するスキュー角度 $\theta_r$ を形成し、固定子20, 220にコギングトルクの第2次周波成分を除去するスキュー角度 $\theta_s$ を形成したが、この逆に、回転子30, 230にコギングトルクの第2次高調波分を除去するスキュー角度 $\theta_s$ を形成し、固定子20, 220にコギングトルクの基本波成分を除去するスキュー角度 $\theta_r$ を形成しても良い。

#### 産業上の利用可能性

- 20 以上のように本発明は、永久磁石式電動機の用途に適するものである

## 請 求 の 範 囲

1. 回転子鉄心の外周面に、軸方向に2段の永久磁石を設け、前記永久磁石を2段間で前記回転子鉄心の周方向にコギングトルクの第1の周波数成分を減少させるために電気角で第1の段スキュー角 $\theta_r$ ずらして配置した軸を有する回転子と、

該回転子を回転させる回転磁界を発生する固定子巻線を設けた円筒形状の固定子鉄心と、

10 該固定子鉄心を軸方向に複数に分割すると共に、前記固定子鉄心の周方向に前記コギングトルクの第2の周波数成分を減少するために電気角で第2の段スキュー角 $\theta_s$ ずらして配置した固定子と、

を備えたことを特徴とする永久磁石式電動機。

2. 前記固定子鉄心の軸方向の長さを $L_c$ (m)とし、

15 前記第1の段スキュー角 $\theta_r(^{\circ})$ の理論角度を電気角度 $\theta_t(^{\circ})$ とすると、下式の関係を満たす、

$$\theta_t = (360^{\circ} / \text{固定子磁極数と回転子磁極数の最小公倍数}) / 2 \cdots (1)$$

$$\theta_t < \theta_r < (700 \times 10^3 / L_c + \theta_t) \cdots (2)$$

ことを特徴とする請求の範囲1に記載の永久磁石式電動機。

3. 前記固定子は、前記固定子鉄心を軸方向に順に第1、第2、第3  
20 の固定子ブロックに分割し、前記第1の固定子ブロックと前記第2の固定子ブロックとの間及び、前記第2の固定子ブロックと前記第3の固定子ブロックとの間に前記第2の段スキュー角 $\theta_s$ を設けた、

ことを特徴とする請求の範囲1又は2に記載の永久磁石式電動機。

4. 前記第1の固定子ブロックと第2の固定子ブロックとの間及び、  
25 第2の固定子ブロックと第3の固定子ブロックとの間において、隙間 $L_{cg}$ を設け、前記 $L_{cg}$ を前記固定子と前記回転子との空隙 $g_m$ とすると、

13

$$0 < L_{cg} < 2.2 \text{ g m}$$

することを特徴とする請求の範囲1～3の何れかに記載の永久磁石式電動機。

5

10

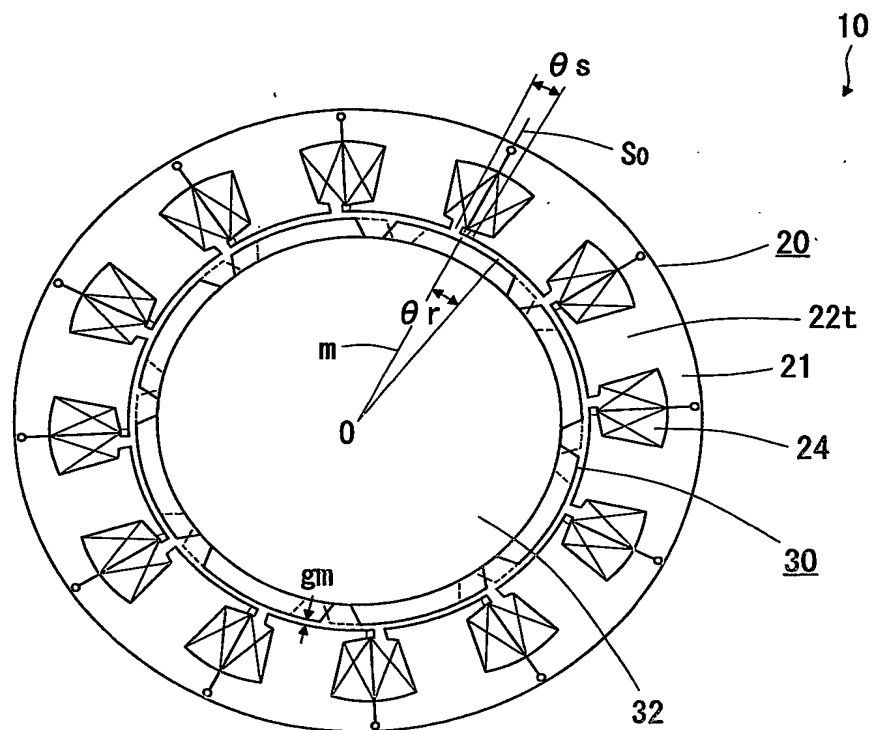
15

20

25

1/13

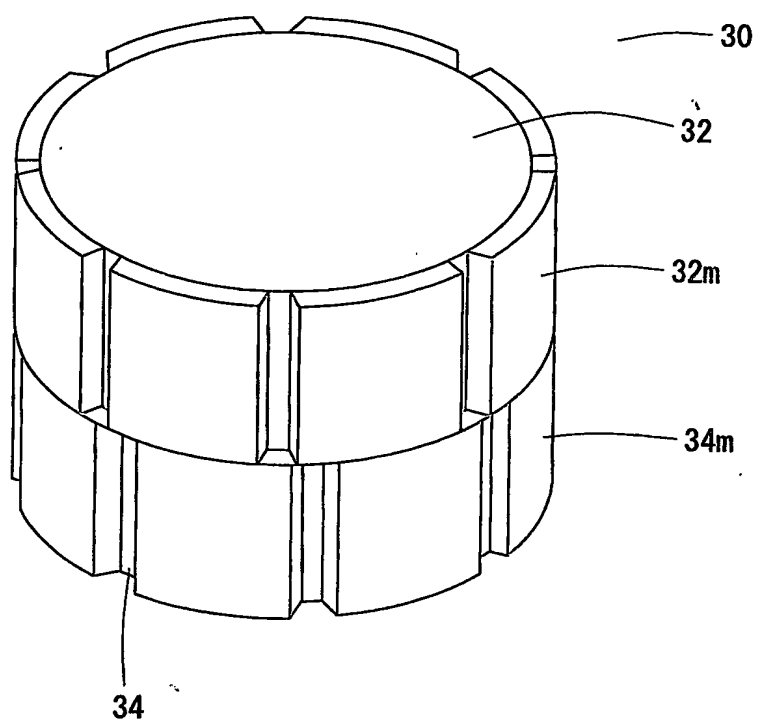
第1図





2/13

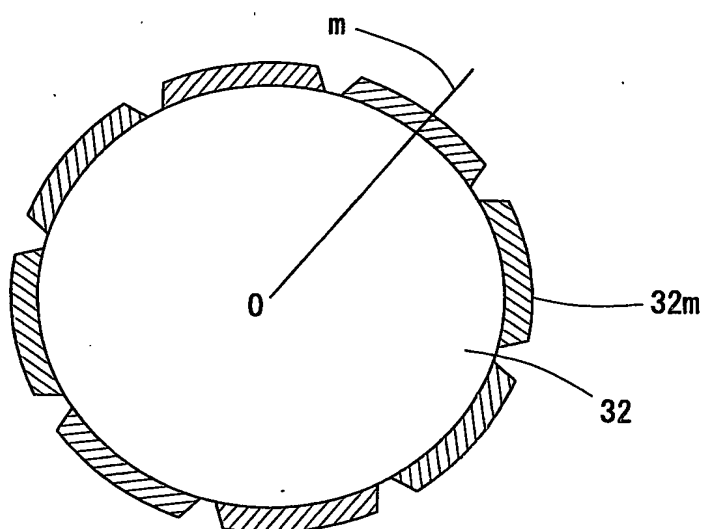
第2図



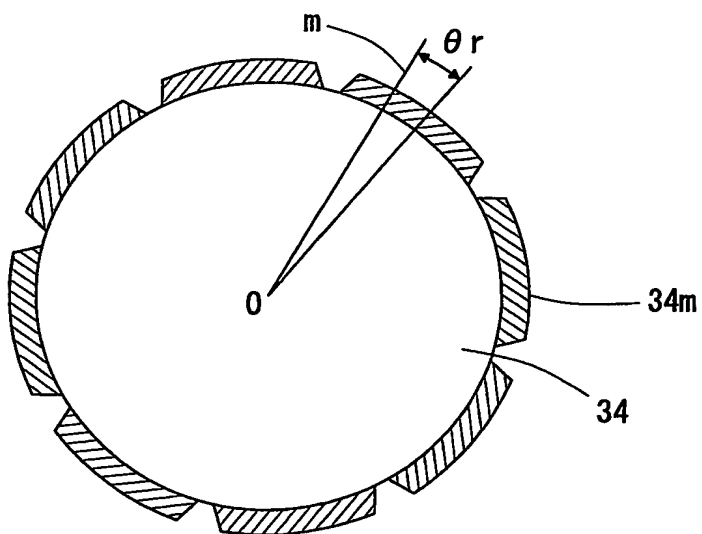
3/13

第3図

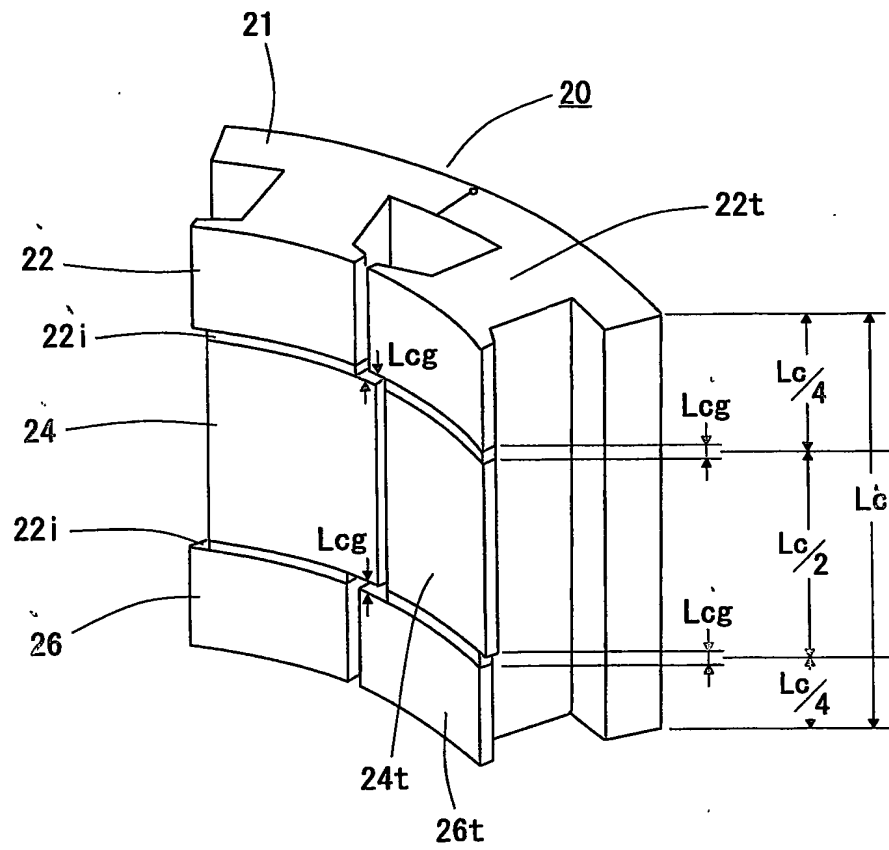
(a)



(b)

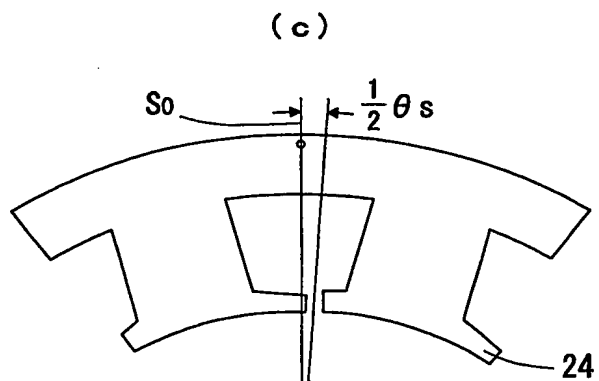
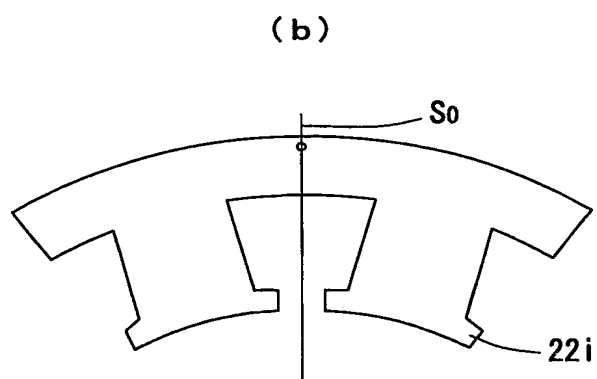
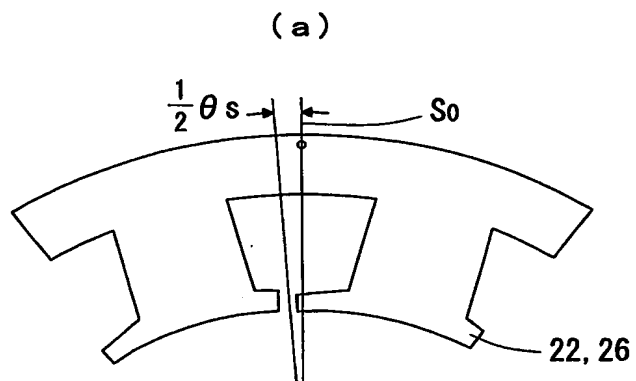


第4図



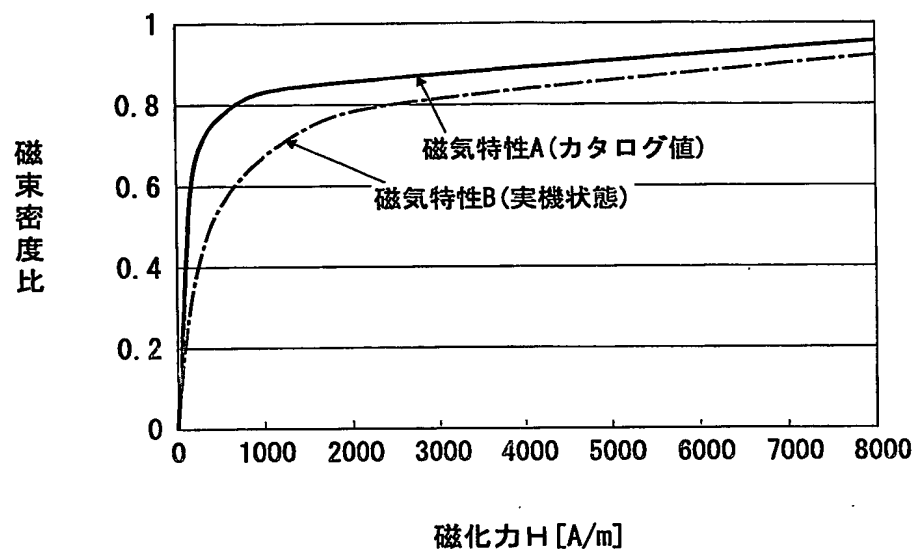
5/13

第5図



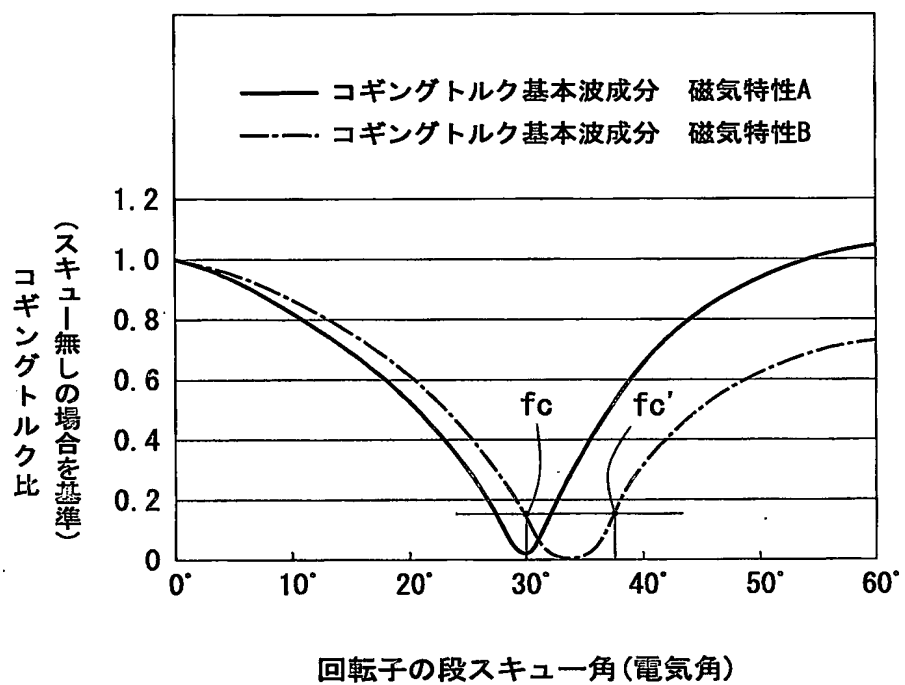
6/13

第6図

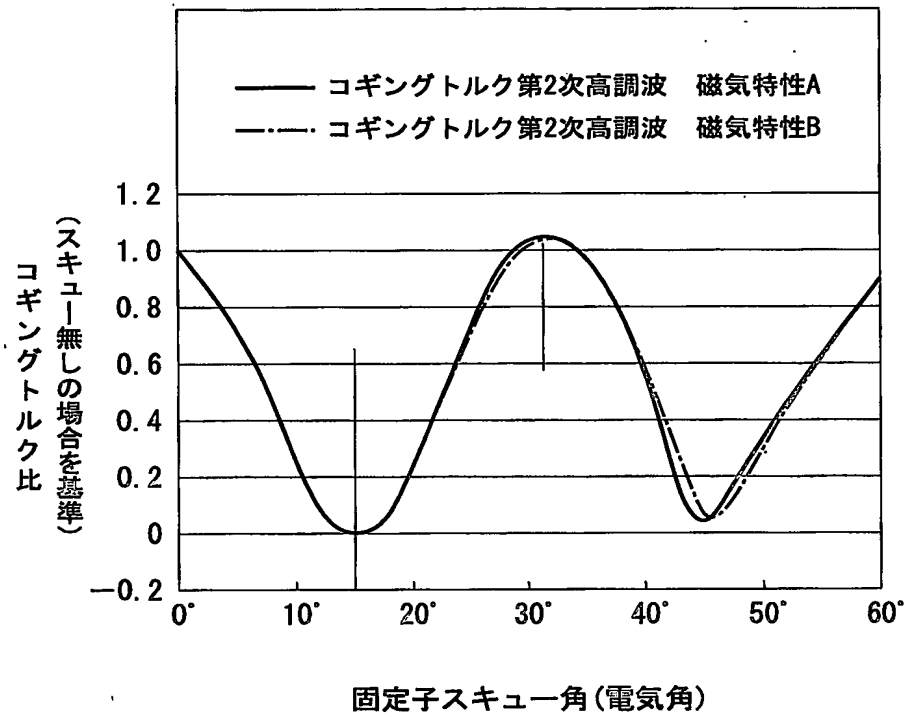


7/13

第7図



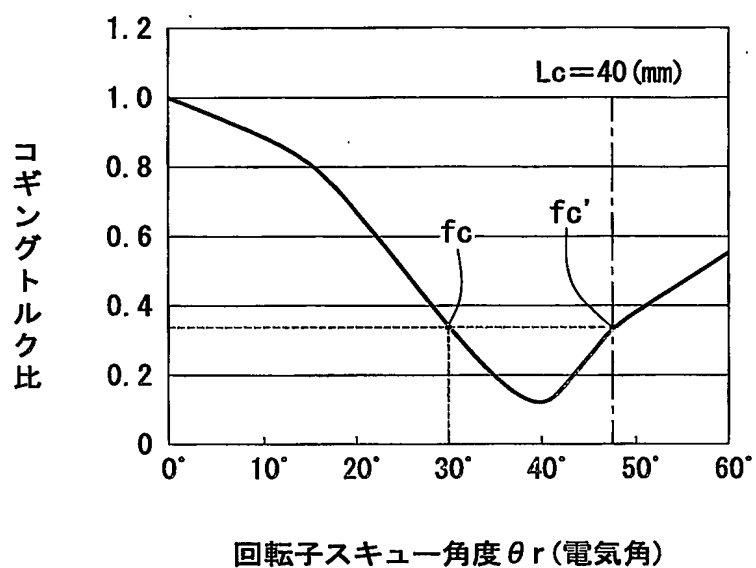
第8図



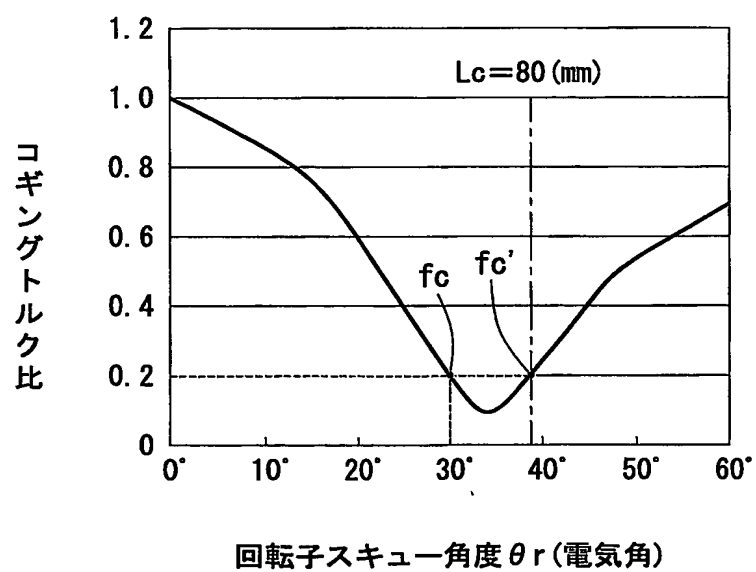
9/13

第9図

(a)



(b)

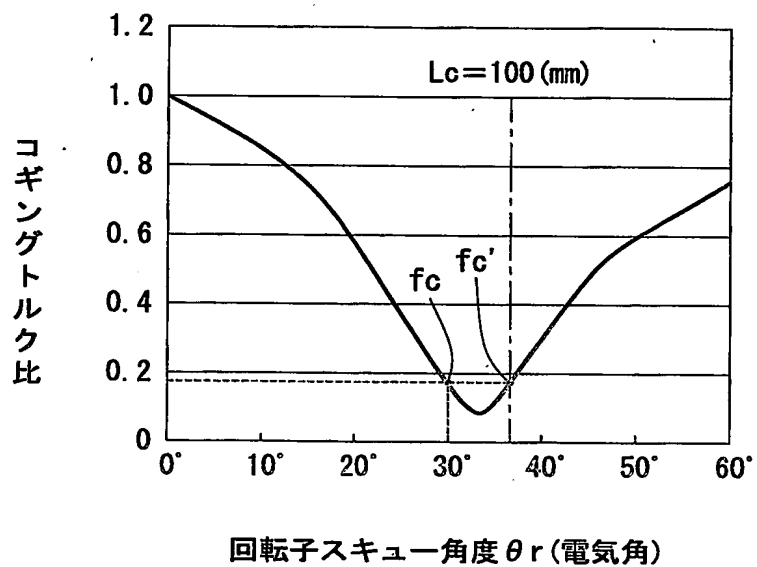




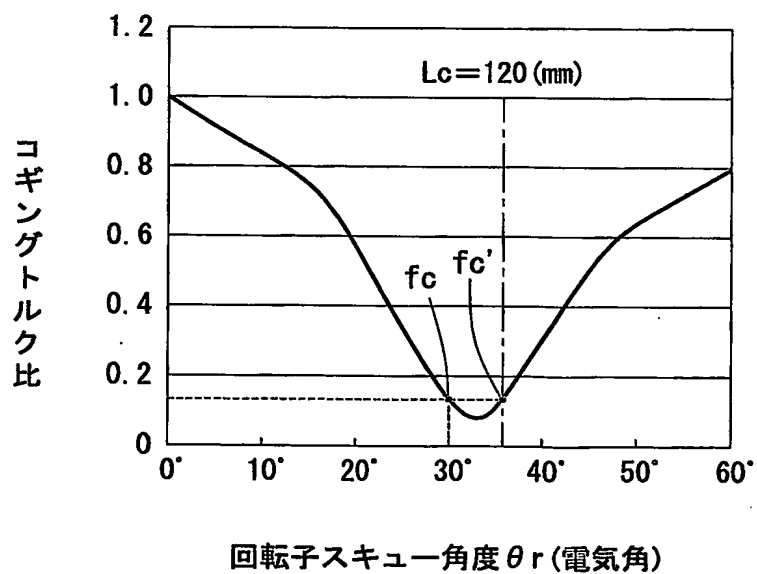
10/13

第9図

(c)

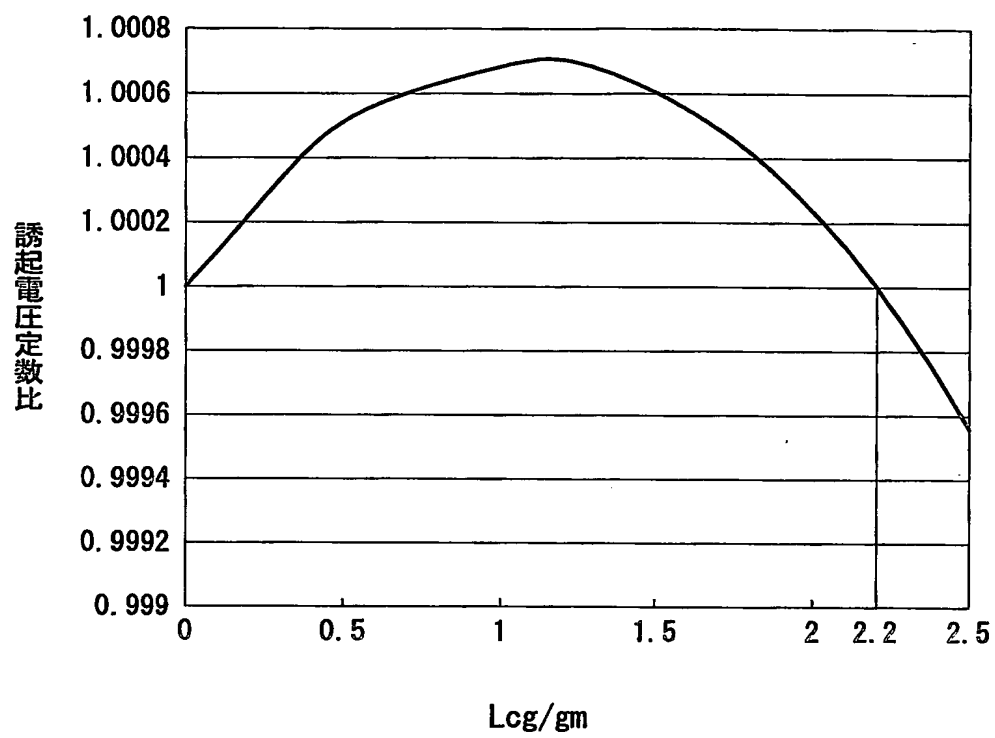


(d)



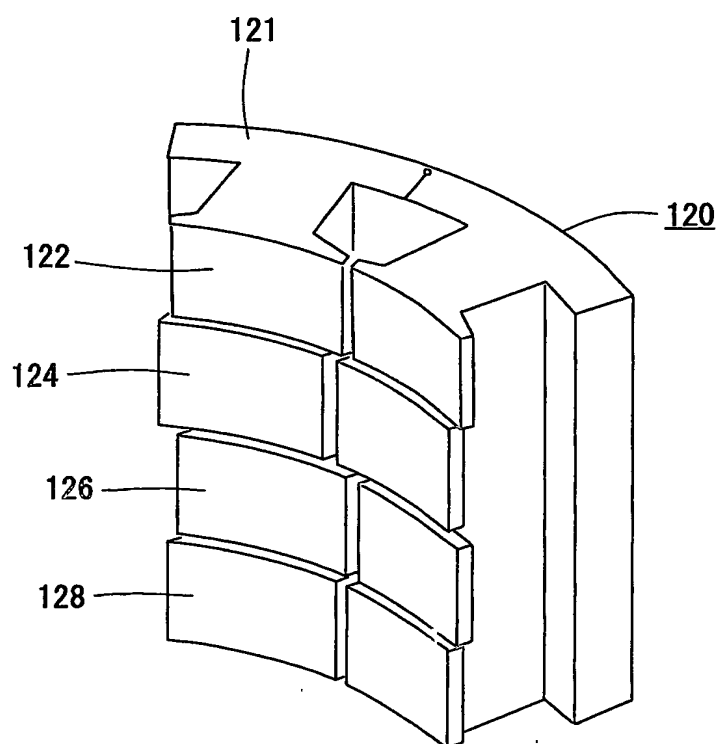
11/13

第10図



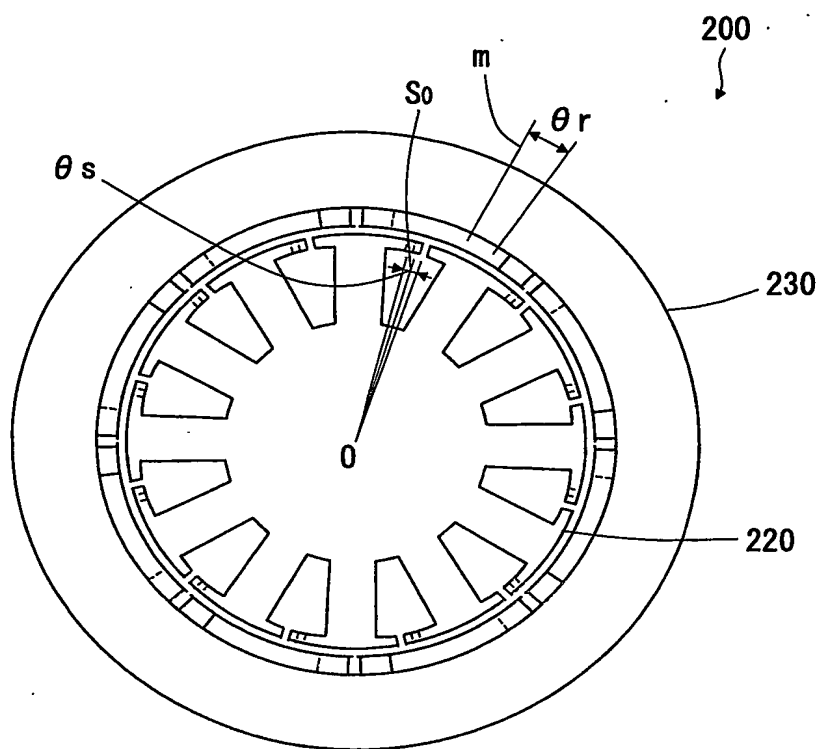
12/13

第11図



13/13

第12図



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/04643

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H02K21/16, 1/27, 1/28, 1/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H02K21/16, 1/27, 1/28, 1/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 1052761 A2 (Yukio KINOSHITA), 15 November, 2000 (15.11.00), Par. Nos. [0038] to [0040]; Figs. 3A1-3F & JP 2000-324768 A Par. No. [0007]; Figs. 3(a)-3(f)	1-4
Y	JP 2003-32939 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.), 31 January, 2003 (31.01.03), Par. Nos. [0072] to [0082], [0089] to [0093] Figs. 6 to 9 (Family: none)	1-4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 "E" earlier document but published on or after the international filing date  
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
26 May, 2003 (26.05.03)

Date of mailing of the international search report  
10 June, 2003 (10.06.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/04643

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 98/40952 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.), 17 September, 1998 (17.09.98), Page 29, line 15 to page 30, line 17; Fig. 25 & JP 10-257700 A Par. Nos. [0055] to [0059]; Fig. 15(b)	3, 4
A	JP 2000-308286 A (Yamaha Motor Co., Ltd.), 02 November, 2000 (02.11.00), Par. No. [0027] (Family: none)	2
A	JP 2003-61326 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.), 28 February, 2003 (28.02.03), Par. No. [0118] (Family: none)	2

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>7</sup> H02K21/16, 1/27, 1/28, 1/12		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>7</sup> H02K21/16, 1/27, 1/28, 1/12		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2003年 日本国登録実用新案公報 1994-2003年 日本国実用新案登録公報 1996-2003年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	EP 1052761 A2 (Kinoshita, Yukio) 2000. 11. 15, 【0038】-【0040】, 図3A1- 図3F & JP 2000-324768 A, 【0007】, 図3(a)-図3(f)	1-4
Y	JP 2003-32939 A (松下電器産業株式会社) 2003. 01. 31, 【0072】-【0082】, 【008 9】-【0093】, 図6-9 (ファミリーなし)	1-4
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
26. 05. 03	10.06.03	
国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官 (権限のある職員)	
日本国特許庁 (ISA/JP)	米山 毅	
郵便番号100-8915	3V 3221	
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	電話番号 03-3581-1101 内線 3356	

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	WO 98/40952 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO. LTD) 1998. 09. 17, 第29頁第15行-第30頁第17行, 図 25 & JP 10-257700 A, 【0055】-【0059】, 図15 (b)	3, 4
A	JP 2000-308286 A (ヤマハ発動機株式会社) 2000. 11. 02, 【0027】 (ファミリーなし)	2
A	JP 2003-61326 A (松下電器産業株式会社) 2003. 02. 28, 【0118】 (ファミリーなし)	2